

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Masashi SHIMOYAMA et al. : **Confirmation No. 8931**

Serial No. 10/743,757 : **Attn: BOX MISSING PARTS**

Filed December 24, 2003 : Attorney Docket No. 2003-1870A

LEAD FREE BAMP AND METHOD OF  
FORMING THE SAME

---

**CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2002-378010, filed December 26, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Masashi SHIMOYAMA et al.

By

Nils E. Pedersen  
Registration No. 33,145  
Attorney for Applicants

NEP/krg  
Washington, D.C. 20006-1021  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
June 25, 2004

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED  
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE  
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT  
ACCOUNT NO. 23-0975

(●)

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日 2002年12月26日  
Date of Application:

出願番号 特願2002-378010  
Application Number:

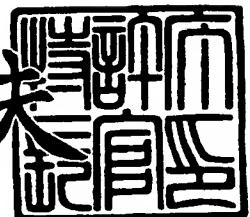
[ST. 10/C] : [JP2002-378010]

出願人 株式会社荏原製作所  
Applicant(s):

2004年1月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



出証番号 出証特2004-3004543

【書類名】 特許願  
【整理番号】 0210125  
【提出日】 平成14年12月26日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【発明の名称】 鉛フリーバンプおよびその形成方法並びにそのための装置  
【請求項の数】 12  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢四丁目 2番 1号 株式会社荏原総合研究所内  
【氏名】 下山 正  
【発明者】  
【住所又は居所】 神奈川県藤沢市本藤沢四丁目 2番 1号 株式会社荏原総合研究所内  
【氏名】 横田 洋  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 11番 1号 株式会社荏原製作所内  
【氏名】 黄海 冷  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 11番 1号 株式会社荏原製作所内  
【氏名】 栗山 文夫  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 11番 1号 株式会社荏原製作所内  
【氏名】 斎藤 信利

## 【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社荏原製作所

## 【代理人】

【識別番号】 100086324

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 小野 信夫

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007375

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0206845

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 鉛フリーバンプおよびその形成方法並びにそのための装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】  $\text{Sn}-\text{Ag}$  の共晶形成濃度より低い  $\text{Ag}$  含量の  $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金膜をめっきにより形成し、当該合金めっき膜をリフローすることにより得られる鉛フリーバンプ。

【請求項 2】  $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金めっき膜中の  $\text{Ag}$  濃度が 1.6 質量%以上 2.6 質量%以下である請求項第 1 項記載の鉛フリーバンプ。

【請求項 3】 リフロー工程での最高温度が、240°C以下の温度である請求項第 1 項または第 2 項記載の鉛フリーバンプ。

【請求項 4】  $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金めっき膜の形成に当たり、めっき浴組成および電析条件を制御して、皮膜に含有される  $\text{Ag}$  濃度を  $\text{Sn}-\text{Ag}$  の共晶形成濃度より低い量に調整する請求項第 1 項ないし第 3 項の何れかの項記載の鉛フリーバンプ。

【請求項 5】 バンプを形成すべき部分に、 $\text{Sn}-\text{Ag}$  の共晶形成濃度より低い  $\text{Ag}$  含量の  $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金膜が形成されるようめっき浴組成及び電析条件を制御しつつ  $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金めっきを行い、次いで得られた当該合金めっき膜をリフローすることを特徴とする鉛フリーバンプの形成方法。

【請求項 6】  $\text{Sn}-\text{Ag}$  系合金めっき膜中の  $\text{Ag}$  濃度が 1.6 質量%以上 2.6 質量%以下である請求項第 5 項記載の鉛フリーバンプの形成方法。

【請求項 7】 リフロー工程での最高温度が、240°C以下の温度である請求項第 5 項または第 6 項記載の鉛フリーバンプの形成方法。

【請求項 8】 めっき浴組成及び電析条件の制御を、めっき浴中の  $\text{Ag}$  イオンと  $\text{Sn}$  イオンの濃度比を一定にし、電析条件を変化させることにより行う請求項第 5 項ないし第 7 項の何れかの項に記載の鉛フリーバンプの形成方法。

【請求項 9】 めっき浴組成及び電析条件の制御を、電析条件を一定にし、めっき浴中の  $\text{Ag}$  イオンと  $\text{Sn}$  イオンの濃度比を変化させることにより行う請求項第 5 項ないし第 7 項の何れかの項に記載の鉛フリーバンプの形成方法。

【請求項 10】  $\text{Ag}$  イオンおよび  $\text{Sn}$  イオンを含有するめっき液を入れた

めっき槽、アノード電極、バンプ形成対象物を保持し、これに給電するためのホルダ、電析用電源、前記アノード電極及び前記ホルダの各々に電源から給電するための導電線で構成されるめっき装置と、Agイオン及びSnイオンを補充する補充機構と、Agイオン及びSnイオンをモニターする分析装置と、前記分析装置からの分析情報をもとに、Sn-Ag系合金めっき膜中のAg含量をSn-Agの共晶形成濃度よりも低く制御するための制御機構とを備えるSn-Ag系鉛フリー・バンプ形成用Sn-Ag系合金めっき装置。

【請求項11】 Sn-Ag系合金めっき膜中のAg含量を、1.6質量%以上2.6質量%以下となるよう制御する請求項第10項記載のSn-Ag系鉛フリー・バンプ形成用Sn-Ag系合金めっき装置。

【請求項12】 Sn-Ag系合金めっき膜中のAg含量を、Sn-Ag系合金めっき液中のAgイオン及びSnイオンの濃度調整及び／又は電析条件の変更により行う請求項第10項または第11項記載のSn-Ag系鉛フリー・バンプ形成用Sn-Ag系合金めっき装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、鉛フリー・バンプおよびその形成方法並びにそのための装置に関し、更に詳細には、めっき膜中のAg濃度を調整したSn-Ag系はんだ合金めっきをリフローすることにより得られる、ボイドの発生が抑制された鉛フリー・バンプおよびその形成方法並びにそのための装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来技術】

半導体素子などの表面実装技術において、はんだ付けを信頼性良く行うことは非常に重要である。これまで、鉛含有の共晶はんだ(Sn:Pn=63:37)が広く使われてきたが、環境汚染や鉛から発生する $\alpha$ 線の問題から、鉛フリーのはんだの開発がすすめられている。

##### 【0003】

例えば、印刷法や電気めっき法による鉛フリーはんだの研究が進められている

が、印刷法では金属マスクによるファインピッチへの対応に限界があるため、ウエハバンプの形成には電気めっき法が主流になりつつある。

#### 【0004】

ところで、ウエハバンプを形成する場合、形成しためっきをボール形態にするために加熱操作（リフロー）を行うのが普通である。このリフロー温度は、基板に存在する他の部品への熱損傷を回避するために、できるだけ低い温度が好ましい。そのために多くのはんだ合金の開発では、共晶点を利用し、合金の組成比を限りなく共晶組成に近づけることが考えられてきた。

#### 【0005】

しかし、電気めっき法により形成したバンプをリフローした場合、バンプ内にボイドが発生するという問題があった。特にSn-Ag系の場合、その発生率が高く、バンプとしての信頼性を著しく低下させていた。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平9-85484号公報

##### 【特許文献2】

特開平10-102279号公報

##### 【特許文献3】

特開2000-260801号公報

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

従って、電気めっき法により、リフロー後にボイド発生の無いSn-Ag系の鉛フリーバンプを形成する手段の開発が求められており、このような手段を提供することが本発明の課題である。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、ボイド発生のない鉛フリーバンプを得べく検討を行った結果、Sn-Ag系はんだ合金めっきによりバンプを形成する場合は、このめっき膜中に含有されるAg濃度がボイド発生に大きく影響することを知った。より詳しく

は、バンプに含有するA g 濃度が共晶組成比近傍から組成比以上になるとリフロー後ボイドが発生することがわかった。そこで、更に研究を行った結果、S n-A g 系はんだ合金めっき膜を使用したときに、確実にボイド発生を防ぐためには共晶組成比（重量比、S n : A g = 96.5 : 3.5 / A g 含量、3.5 質量%）よりも低いA g 濃度の合金めっき膜を用いてバンプを形成することが必要であることを見出した。

#### 【0009】

しかも、共晶組成比よりもA g 濃度が低下すると、リフロー温度が上昇すると思われていたが、含有A g 濃度を下げていっても、融点に大きな上昇は見られず、リフロー温度も大きく上昇する必要が無いことも見出した。

#### 【0010】

本発明は、上記知見に基づいて完成されたものであり、S n-A g の共晶形成濃度より低いA g 含量のS n-A g 系合金膜をめっきにより形成し、当該合金めっき膜をリフローすることにより得られる鉛フリーバンプを提供するものである。

#### 【0011】

また本発明は、バンプを形成すべき部分に、S n-A g の共晶形成濃度より低いA g 含量のS n-A g 系合金膜が形成されるようめっき浴組成及び電析条件を制御しつつS n-A g 系合金めっきを行い、次いで得られた当該合金めっき膜をリフローすることを特徴とする鉛フリーバンプの形成方法を提供するものである。

#### 【0012】

更に本発明は、A g イオンおよびS n イオンを含有するめっき液を入れためっき槽、アノード電極、バンプ形成対象物を保持し、これに給電するためのホルダ、電析用電源、前記アノード電極及び前記ホルダの各々に電源から給電するための導電線で構成されるめっき装置と、A g イオン及びS n イオンを補充する補充機構と、A g イオン及びS n イオンをモニターする分析装置と、前記分析装置からの分析情報をもとに、S n-A g 系合金めっき膜中のA g 含量をS n-A g の共晶形成濃度よりも低く制御するための制御機構とを備えるS n-A g 系鉛フリ

ーバンプ形成用 Sn-Ag 系合金めっき装置を提供するものである。

### 【0013】

#### 【発明の実施の形態】

本発明の鉛フリー バンプは、Ag 濃度を Sn-Ag の共晶形成濃度より低い含量（3.5 質量%以下）となるよう電析条件を制御した Sn-Ag 系合金めっき（以下、単に「合金めっき」という）により合金皮膜を析出させ、次いでこれをリフローすることにより得られる。

### 【0014】

ボイドの発生防止の観点からは、合金めっき膜中の Ag 濃度の上限を上記濃度に制御するのみでよいが、3.5 質量%（以下、単に「%」で示す）から 2.6% の間では、ボイドが発生したり、発生しなかったりするので、ボイドを完全に避けるという意味で、皮膜中の Ag 濃度を 2.6% 以下とすることが好ましい。

### 【0015】

また、実用性の面からは、リフロー温度をあまり上げないこと（例えば、最高リフロー温度 240℃ 以下）が望ましい。このためには、合金めっき膜中に含有する Ag 濃度の下限を 1.6% とすることが好ましい。すなわち、実用的に好ましいバンプを形成するためには、合金めっき膜中の Ag 濃度が 1.6% から 2.6% にあることが好ましい。

### 【0016】

このように、本発明では、合金めっき膜中の Ag 濃度を 2.6% 以下あるいは、1.6% 以上 2.6% 以下となるよう制御しつつめっきを行うことが必要である。

### 【0017】

ところで、一般に合金めっきにおける析出成分組成は、めっき液中の各成分濃度や、電析条件で決定する。従って、本発明の合金めっきにおいても合金めっき液中の Ag イオンと Sn イオンとの濃度比を調整したり、電析条件を制御することにより皮膜中の Ag 濃度を上記範囲とすることができます。具体的には、①めっき浴中の Ag イオンと Sn イオンの濃度比を一定にし、電析条件を変化させることにより合金めっき膜中の Ag 濃度を制御する方法や、②電析条件を一定にし、

めっき浴中のA gイオンとS nイオンの濃度比を変化させることにより合金めっき膜中のA g濃度を制御することができる。

### 【0018】

すなわち、合金めっき液中には、合金を形成する金属のイオンの他、金属イオンを安定化する錯化剤や、めっき膜表面を綺麗に形成するための光沢剤、あるいはその他の添加剤が配合されている。しかし、合金めっき膜中のA g濃度を主に決めるものは合金めっき浴中のA gイオンとS nイオンの濃度比であるから、実験的に好ましい範囲を見出し、この濃度比を維持しつつめっきすることにより、A g濃度が制御された合金めっき膜が得られる。実際、電析条件を固定した状態で、合金めっきを行った場合、皮膜中のA g濃度は、模式的に図1に示すように液中に存在するA gイオンとS nイオンとの濃度比と比例関係にあった。

### 【0019】

従って、めっき対象物を、A gイオンとS nイオンを所定の濃度比とした合金めっき液に浸漬させ、一定の電析条件でめっきすれば、A g濃度の制御された合金めっき膜が得られ、これをリフローすることにより、ボイド発生のないバンプが得られる。

### 【0020】

本発明で使用される合金めっき液の一例としては、次のめっき液を挙げることができる。

組成：

S n<sup>2+</sup>： 10から100 g/L (好適には35から50 g/L)

A g<sup>+</sup>： 0.3から8 g/L (好適には0.6から4 g/L)

メタンスルホン酸： 100 g/L

### 【0021】

また、合金めっきでは電析条件により析出成分組成が異なることは知られており、本発明の合金めっきでも、電析条件を変化させることにより皮膜中のA g濃度を変化させることができる。

### 【0022】

本発明の合金めっきは、種々の電流パターンで行うことができ、直流めっきで

あっても、周期的に休止期が存在する間歇めっきであっても良い。

#### 【0023】

直流めっきの場合は、図2に模式的に示すように電流密度が高くなるほど皮膜中のAg含有濃度が低下する関係があるので、好ましい電流条件を実験的に決め、この条件を維持しつつめっきすればよい。この直流めっきの場合の好ましい電流密度は、10～100mA/cm<sup>2</sup>程度である。

#### 【0024】

また、間歇めっきの場合は、図3に模式的に示すように直流で連続して印加する場合と、同じ電流の場合のAg含有濃度が異なるので、この場合も好ましい印加電圧、休止時間の割合等を実験的に定め、この条件を維持しつつめっきすればよい。この間歇めっきの場合の好ましい印加時電流密度は、10～200mA/cm<sup>2</sup>程度であり、休止時間（ゼロ電流）は印加時間の10分の1から1の範囲であることが好ましい。

#### 【0025】

上記両めっきでの印加電圧は、電流強度、下地材料、厚さおよびめっき液、アノードなどの条件によっても変動するが、1～5V程度であることが好ましい。

#### 【0026】

上記した合金めっきを実施するための装置としては、特に制約はなく、一般的ディップ式めっき装置等を使用することができる。しかし、実際の作業にあたっては、被めっき物の機械的条件を考慮した治具構造、金属イオンをウェハ全面に均一かつ迅速供給するための攪拌機構（パドル構造）、電場分布を均一にさせるためのマスクの形状と大きさ、異物をとり、液の変質を防ぎ、金属イオンをウェハ全面に均一かつ迅速に提供するためのめっき液循環システム等を考慮した装置を使用することが好ましい。

#### 【0027】

また、前記のようにめっき液中のAgイオンやSnイオンの濃度の調整や、電析条件を制御しつつ合金めっきを行うことが必要であるため、Agイオン及びSnイオンを補充する補充機構、Agイオン及びSnイオンをモニターする分析装置および分析装置からの分析情報をもとに、合金めっき液中のAgイオンやSn

イオンの濃度の調整および／または電析条件を制御するための制御機構を有するめっき装置を使用することが好ましい。この装置の一例を図4に示す。

#### 【0028】

図4中、1はめっき装置、2はめっき槽、3はアノード、4はホルダー、5はバンプ形成対象物、6は電源、7は導電線、8は補充機構、9は分析装置、10は制御機構、11はオートサンプラー、12は送液ポンプ、13は開閉弁、14は排液口をそれぞれ示す。

#### 【0029】

このうち、分析装置9は、めっき制御の指針として、めっき装置運転中に消費や損失等によるAgイオン及びSnイオンの濃度変化を定期的にまたは連続的に分析しモニターする装置であり、例えば、原子吸光分析装置等が使用できる。

#### 【0030】

また制御機構10は、例えば制御用コンピュータであり、分析装置9からの分析情報により、Agイオン（溶液）、Snイオン（溶液）等の最適補充量を求め、補充機構8aないし8cの結合された送液ポンプ12aないし12cを作動させ、これらをめっき液中に添加する。

#### 【0031】

更に、補充機構8には、Agイオン溶液や、Snイオン溶液を補充する部分の他、めっき液組成を調整するための水や添加剤を補充する部分を追加しても構わない。

#### 【0032】

更にまた、前記制御機構10は、めっき液組成に対する最適な電析条件（上記の印加電流密度及び電圧印加方法）に制御することも望ましく、少なくとも前記のAgイオン及びSnイオンの補充量による制御とのどちらか一方を持つことが必要である。

#### 【0033】

ところで、実際のめっきの析出挙動は、前記の合金めっき液中のAgイオンとSnイオンの濃度比や、電析条件のみならず、多くの要因によって影響を受ける。例えば、めっき液中に添加される多種の添加剤によっても、合金めっき膜中の

Ag濃度は変化する。しかし、多くの場合、これらの添加剤の物質名や添加量は、添加剤メーカーのノウハウとして開示されない。

#### 【0034】

従って、本発明のバンプの形成に当たっては、一定の合金めっき液において、あらかじめ、電気めっきの電流密度、電圧印加方法、めっき液中のAgイオンとSnイオンとの濃度比を振って実験を行い、形成したバンプ中に含有するAgの重量濃度を測定し、これをもとに最適条件を求めて合金めっきを行なうことが必要となる。

#### 【0035】

このようにすることにより、めっき液の組成を安定化し、さらには所望のAg含有濃度を有するバンプを安定して形成することが可能となる。

#### 【0036】

以上のようにして形成された合金めっき膜は、次にリフロー処理に付され、バンプとされる。このリフロー処理は、例えば図5に示す装置（赤外線加熱炉）を使用し、不活性ガス雰囲気（たとえば窒素やアルゴン雰囲気）中で加熱することにより行なわれる。図5中、20は赤外線加熱炉、21はチャンバ、22はスラジ、23は石英ガラス窓、24は赤外線ランプ、25は被めっき物を示す。

#### 【0037】

この装置によるリフローは、例えば、チャンバー21中に合金めっきが行われた被めっき物25をセットし、このチャンバー21中に窒素ガスを8から30L/min程度で流して、十分にガス置換を行った後、石英ガラス窓23を通して、赤外線ランプ24で加熱することにより行われる。

#### 【0038】

本発明のバンプ形成においては、リフロー温度は重要である。バンプはプリント回路板等の上に形成されるが、一般的な電子部品の耐熱温度は、240°Cといわれている。すなわち、合金めっきにより形成された皮膜のリフロー工程での最高温度は、240°C以下に抑える必要がある。また、一般にはSn-Ag系のはんだの融点は221°Cであり、一般にリフロー可能最低温度は融点+10°Cで、15秒から45秒保持する必要があるといわれている。このような条件を考慮し

た場合のリフローの温度条件の一例としては、231°Cを30秒間保持、最高到達温度を238°Cとする温度条件が挙げられる。

#### 【0039】

以上説明した本発明の鉛フリーバンプは、例えば、実装基板における配線パッド上のボール状バンプとして利用することができる。

#### 【0040】

このボール状バンプの形成は、まず、金属ボンドパッドを形成した後、バンプの形状を残してレジストを塗布し、レジストパターンを形成する。ついで、前記方法に従ってA g濃度が制御されたSn-A g系めっきを形成する。その後、レジストを剥離し、所定のリフロー温度で処理することにより行われる。

#### 【0041】

上記方法における、金属ボンドパッドの形成、レジストパターンの形成およびレジストの除去は、何れもこの技術分野における常法に従って行うことができる。

#### 【0042】

また、本発明の鉛フリーバンプは種々の半導体基板上に配線パッドを形成するために使用される。具体的には、次の①から④の工程により、半導体素子の半導体基板上に鉛フリーバンプを形成することができる。

#### 【0043】

- ①半導体素子の半導体基板上に配線パッドを形成する工程。
- ②形成された配線パッド上にバリアメタルを形成する工程。
- ③バリアメタル上にSn-A g系めっきを形成する工程。
- ④Sn-A g系めっきをリフローする工程

上記①の半導体素子としては、集積回路（IC）などが含まれる。また、配線パッドに形成される②のバリアメタルとしては、公知のバリアメタルが使用される。

#### 【0044】

##### 【実施例】

次に、実施例および比較例を挙げ、本発明をさらに詳しく説明するが、本発明

は、これらの実施例により何ら制約をされるものではない。

### 【0045】

#### 実施例 1

##### (1) S n-A g 系のバンプの調製：

ウエハ上に、数多くの開口径  $\phi 100 \mu\text{m}$  の穴ができるようレジストを  $120 \mu\text{m}$  厚で塗布し、試料とした。この試料のめっき面積は  $149.63 \text{ cm}^2$  であった。この試料について次の工程および条件でめっきを行った。

### 【0046】

#### (めっき工程)

脱気 10 分 → 10 % 硫酸 1 分 → 銅めっき → 水洗 → N i めっき → 水洗 → S n - A g 系めっき

### 【0047】

#### (めっき条件)

##### (a) C u めっき

めっき浴組成：

C u <sup>2+</sup>	220 g/L
H <sub>2</sub> S O <sub>4</sub>	200 g/L
H C l	5 mL/L
添加剤	5 mL/L

めっき温度：

25 °C

搅拌：

機械搅拌 (パドル搅拌速度 10 m/min)

めっき液循環：

流量 2.5 L/min

電極：

陽極 銅、電極間 約 7.5 mm、アノードマスク  $\phi 250 \text{ mm}$

陰極電流密度 (総電流) :

5 A/dm<sup>2</sup> (7.48 A)

めっき厚：

2  $\mu$  m

【0048】

(b) Niめっき

めっき浴組成

Ni (NH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) · 4 H <sub>2</sub> O	450 g/L
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	30 g/L
NiCl <sub>2</sub> · 6 H <sub>2</sub> O	10 g/L
添加剤	2 mL/L

めっき温度：

50 °C

搅拌：

機械搅拌 (パドル搅拌速度 10 m/min)

めっき液循環：

流量 2.5 L/min

電極：

陽極 ニッケル、電極間 約 75 mm、アノードマスク  $\phi$  250 mm

陰極電流密度 (総電流)：

3 A/dm<sup>2</sup> (4.49 A)

めっき厚：

3  $\mu$  m

【0049】

(c) Sn-Agめっき

めっき浴組成

Sn <sup>2+</sup>	40 g/L
Ag <sup>+</sup>	1.5 g/L
メタンスルホン酸	100 g/L
添加剤	10 g/L

(ポリオキシエチレン系界面活性剤、チオ尿素、カテコールを重量比で

2:2:1としたもの)

めっき温度：

25°C

搅拌：

機械搅拌 (パドル搅拌速度 10 m/min)

めっき液循環：

流量 2.5 L/min

電極：

陽極 チタン、電極間 約7.5 mm、アノードマスク  $\phi$  250 mm

陰極電流密度 (総電流) :

10 A/dm<sup>2</sup> (14.9 A) 、直流めっき

めっき厚：

140  $\mu$ m

### 【0050】

#### (2) リフロー処理

上記 (1) のめっき後、レジストを除去し、めっき部分を露出させた。このめっき部分について、図5に示すような赤外線加熱炉を用いて、リフロー処理を行った。赤外線加熱炉の温度の制御は、中心の最表層に熱電対を埋め込んだ2インチのシリコンウエハ (センサレー社製、温度計測ウエハ) を赤外線加熱炉のステージ上に置くことにより行った。また、リフローする試料は、そのシリコンウエハ上の熱電対に近づけた位置に置いた。リフロー温度条件は、予備加熱を150°Cから170°Cで90秒、で行った後、30秒で最高温度まで昇温させた。最高温度は238°Cとし、リフロー可能最低温度の231°C以上を30秒間保持した後、冷却するというものであった。

### 【0051】

また、この加熱炉雰囲気は、窒素で置換し、加熱時も窒素を8 L/minで流しながら行った。赤外線加熱炉は、急加熱、急冷が容易に行えるという特徴をもつたため利用した。

### 【0052】

### (3) バンプの組成分析

Sn-Ag合金の元素組成比を次のようにして評価した。当該バンプを樹脂に埋め込み、断面を削りだし、研磨した後に、電子線マイクロ分析 (Electron Probe Microanalysis: EPMA) で元素マッピングを行うとともに、図6に示すような断面内の約  $10\text{ }\mu\text{m} \times 10\text{ }\mu\text{m}$  の微小領域の3箇所 (l, c, r) でAgの定量分析を行ない、それらの平均値をAgの含量とした。

#### 【0053】

なお、 $\mu$ 蛍光X線分析装置を用いれば、断面を削り出さなくても、大まかな組成比を測定可能であり、また、バンプを酸に溶解し、誘導結合プラズマ質量分析計 (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer: ICP-MS) によりウエハ内の組成分布の分析を行なうことも可能である。

#### 【0054】

### (4) バンプ形状の確認

Sn-Agめっきを行った後、レジストを除去しためっき部分および各温度でリフローした後のバンプ形状をSEMで観察した。この結果を図7に示す。

#### 【0055】

### (5) ボイドの確認

リフロー温度238°Cでリフローした後のバンプの断面形状をSEMで観察した。観察は、ウエハごと樹脂に埋め込み、断面を削りだし、研磨した後におこなった。この結果、本実施例のAg濃度が2.6質量%である合金めっき膜では、図8に示すようにボイドのないものであった、これに対し、Ag濃度が3.4質量%である合金めっき膜により形成したバンプでは、図9に示すようなボイドが発生する場合があった。

#### 【0056】

### 実施例 2

合金めっき液中の全金属に対するAgの割合、めっき時の電流密度、電流印加法をそれぞれ変化させて合金めっきを行い、更に238°Cでリフローさせた。得

られたバンプについて、実施例1と同様にしてバンプ中のAgの含有量、形状およびボイドの有無を調べた。この結果を表1に示す。

## 【0057】

【表1】

めっき液 Ag/Sn (%)	めっき条件 電流密度 (A/dm <sup>2</sup> )	電圧印加法	バンプ 含有Ag濃度 (wt%)	ボイド 有(X)無(O)	238°Cでの ボール化
4.3	3	DC	5.2	X	O
4.4	3	DC	6.4	X	O
4.4	20	CHOP	4.0	X	O
4.3	3	DC	7.7	X	O
4.3	20	CHOP	5.1	X	O
1.3	3	DC	1.8	O	O
1.3	8	DC	0.9	O	X
1.3	20	CHOP	1.4	O	X
2.2	3	DC	3.4	X	O
2.2	20	CHOP	2.1	O	O
4.1	3	DC	4.9	X	O
3.1	20	CHOP	2.9	O	O
3.1	10	CHOP	3.6	X	O
3.1	3	DC	5.0	X	O
3.2	3	DC	5.8	X	O
3.2	20	CHOP	2.7	X	O
2.3	3	DC	3.5	X	O
2.3	20	CHOP	2.6	O	O

注) 表中、DCは直流めっきを、CHOPは間歇めっきを意味する。

## 【0058】

この結果から明らかなように、バンプ（合金めっき膜）中のAg含有量が2.9%以下の場合にボイドができず、特に1.8%以上2.6%以下の場合は、最高リフロー温度238°Cでボール化し、かつボイドができないので、実用性の高い鉛フリーバンプが得られることが示された。

## 【0059】

## 【発明の効果】

本発明の鉛フリーバンプは、ボイドが発生せず、かつそれほど温度を上げなくても好ましい形状のバンプとなるものである。また、このバンプは鉛を含まず、 $\alpha$ 線放出による集積回路の誤作動や、環境影響の無いものである。

## 【0060】

このように本発明の鉛フリー・バンプは、半導体素子などの表面実装技術（SMT）において広く使用することができ、鉛フリーでありながら、はんだ付けを信頼性よく行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 合金めっき液中のA g濃度とめっき膜中のA g濃度の関係を示す図面

【図2】 直流めっきにおけるめっき電流とめっき膜中のA g濃度の関係を示す図面

【図3】 直流めっきと間歇めっきでのめっき膜中のA g濃度の相違を示す図面

【図4】 本発明のめっき装置の一例を示す図面

【図5】 リフロー処理に用いる赤外線加熱炉の一例を示す図面

【図6】 試料の採取部を示す図面

【図7】 合金めっき後およびリフロー処理したバンプ部の外観を示す写真

【図8】 ボイドが発生していないバンプの断面を示す写真

【図9】 ボイドが発生したバンプの断面を示す写真

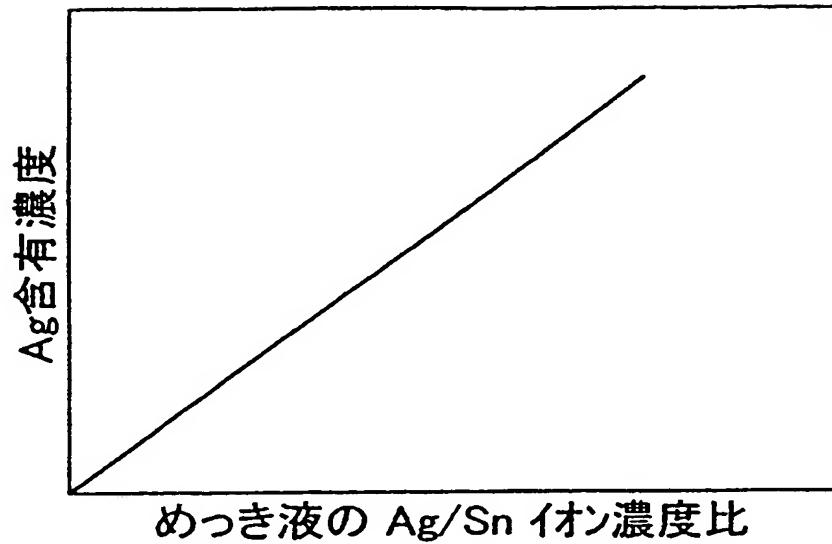
【符号の説明】

1	…	…	めっき装置	1 1	…	…	オートサンプラー
2	…	…	めっき槽	1 2	…	…	送液ポンプ
3	…	…	アノード	1 3	…	…	開閉弁
4	…	…	ホルダー	1 4	…	…	排液口
5	…	…	バンプ形成対象物	2 0	…	…	赤外線加熱炉
6	…	…	電源	2 1	…	…	チャンバ
7	…	…	導電線	2 2	…	…	スラジ
8	…	…	補充機構	2 3	…	…	石英ガラス窓
9	…	…	分析装置	2 4	…	…	赤外線ランプ
10	…	…	制御機構	2 5	…	…	被めっき物

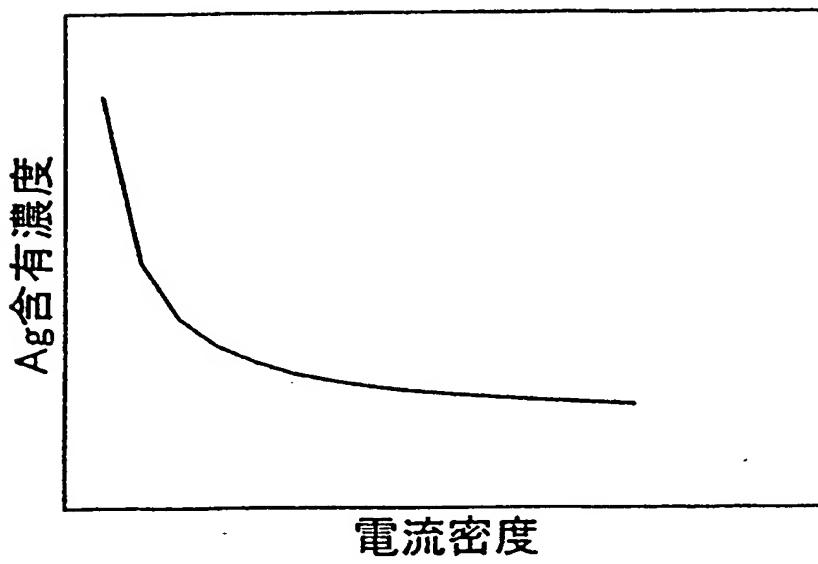
以 上

【書類名】 図面

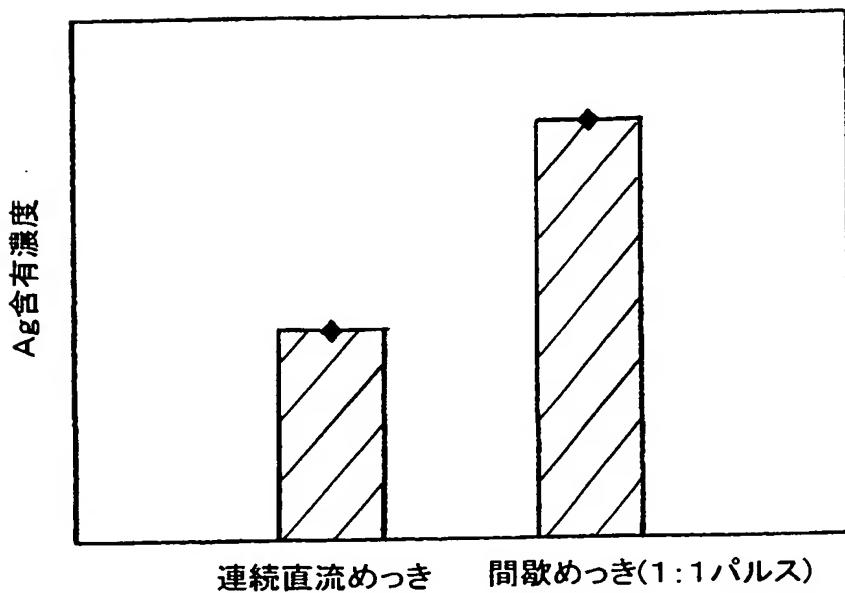
【図1】



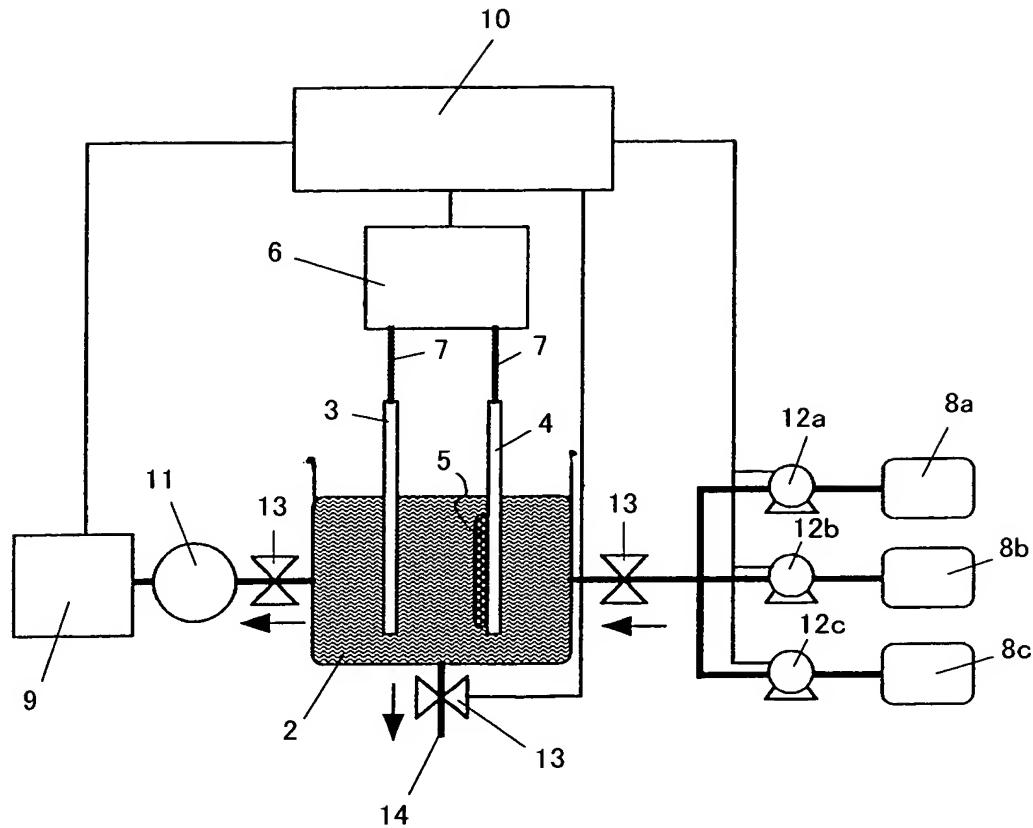
【図2】



【図3】

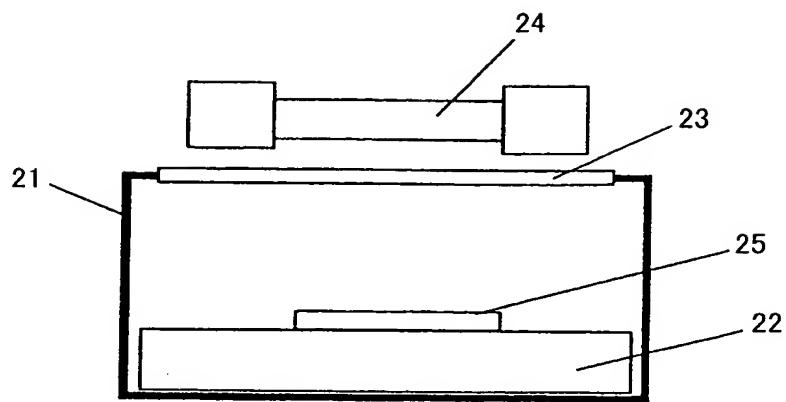


【図4】



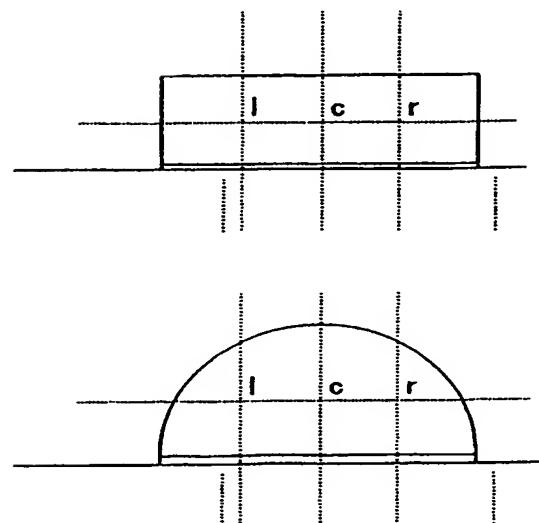
1

【図5】

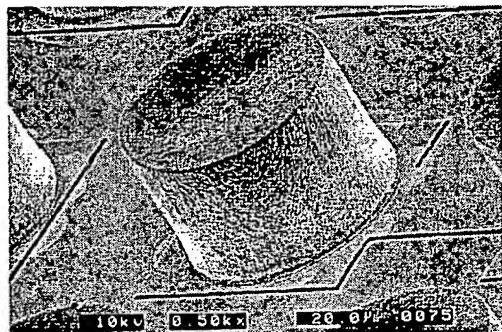


20

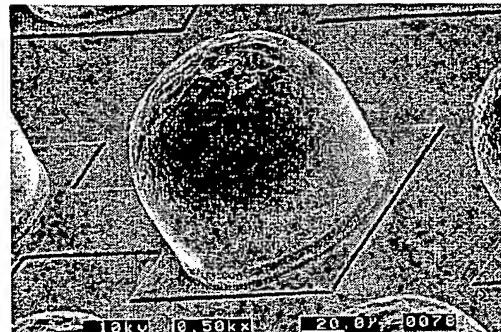
【図6】



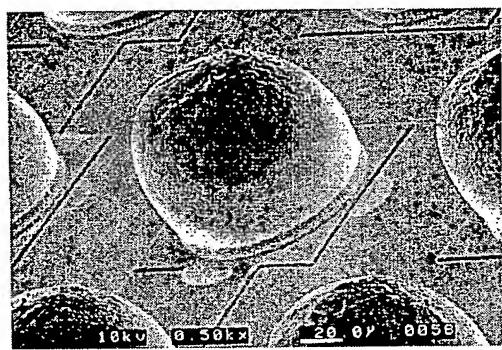
【図7】



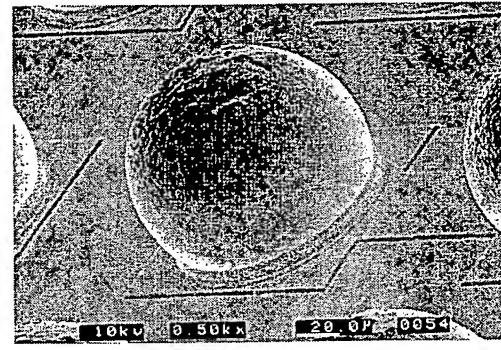
(a) As-plated



(b) 225 °C

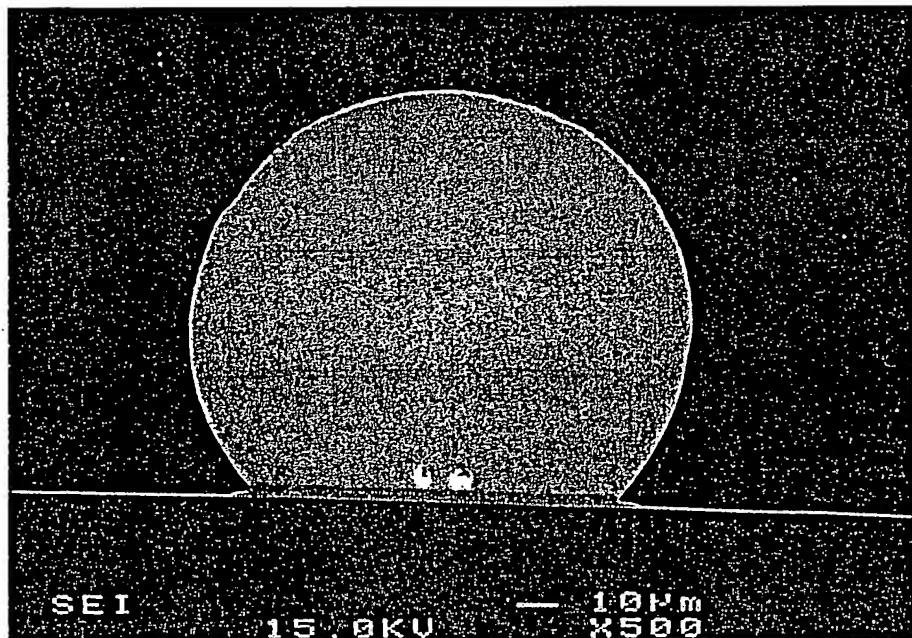


(c) 230 °C

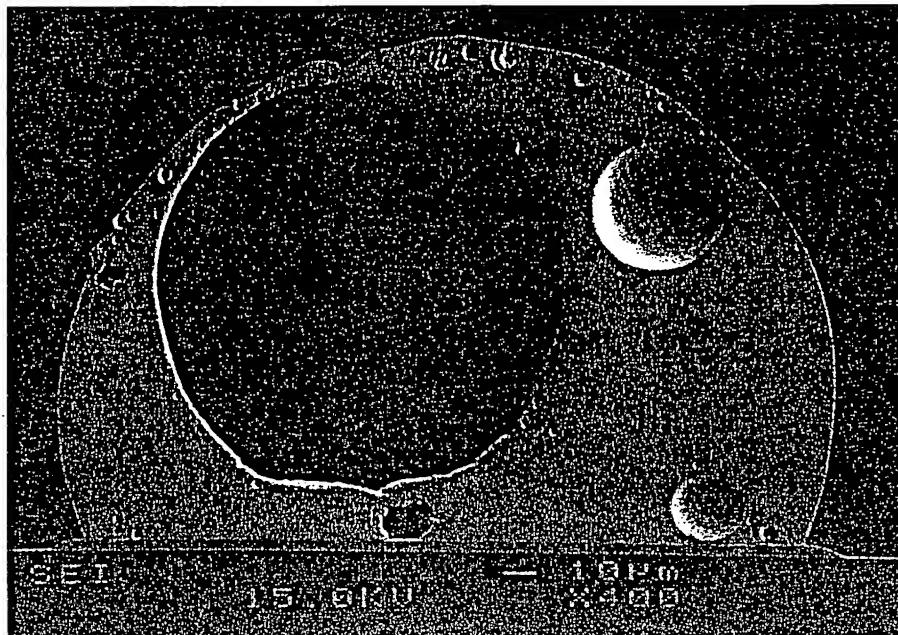


(d) 238 °C

【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電気めっき法により、リフロー後にボイド発生の無い Sn-Ag 系の鉛フリーバンプを形成する手段を提供すること。

【解決手段】 Sn-Ag の共晶形成濃度より低い Ag 含量の Sn-Ag 系合金めっき皮膜をリフローすることにより得られる鉛フリーバンプ、バンプを形成すべき部分に、Sn-Ag の共晶形成濃度より低い Ag 含量の Sn-Ag 系合金めっき皮膜が形成されるようめっき浴組成および電析条件を制御しつつ Sn-Ag 系合金めっきを行い、次いで得られた当該合金めっき皮膜をリフローすることを特徴とする鉛フリーバンプの形成方法および Ag イオンおよび Sn イオンを含有するめっき液を入れためっき槽、アノード電極、バンプ形成対象物を保持し、これに給電するためのホルダ、電析用電源、前記アノード電極および前記ホルダの各々に電源から給電するための導電線で構成されるめっき装置と、Ag イオンおよび Sn イオンを補充する補充機構と、Ag イオンおよび Sn イオンをモニターする分析装置と、前記分析装置からの分析情報をもとに、Sn-Ag 系合金めっき皮膜中の Ag 含量を Sn-Ag の共晶形成濃度よりも低く制御するための制御機構とを備える Sn-Ag 系鉛フリーバンプ形成用 Sn-Ag 系合金めっき装置。

【選択図】 なし

特願 2002-378010

出願人履歴情報

識別番号 [00000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所